علم الأحياء الفلكي
أصل وتطور الحياة

Vassilissa Vinogradoff, Beatriz García, Rosa M. Ros

اتحاد الفلك الدولي

CNRS، جامعة إيكس مارسيليا، مختبر PIIM، مارسيليا، فرنسا.

CONICET.الجامعة التكنولوجية الوطنية، ميندوزا، الأرجنتين/

جامعة بوليتكنيكا دي كاتالونيا، إسبانيا

Arabic translation: *Akram Zermane, CERIST*

Linguistic review: *Yasmine Bouldjedri, CERIST*

تعريف علم الأحياء الفلكي

علم الأحياء الفلكي ليس تخصصًا ولكنه نشاط متعدد التخصصات يدور حول مسألة أصل الحياة وتطورها على الأرض واحتمال وجودها في أجزاء أخرى من الكون؛ وهو يغطي جميع المجالات المهتمة بهذا الموضوع، من علم الفلك إلى علم الأحياء، بما في ذلك الجيولوجيا والكيمياء، ولكن أيضًا تاريخ وفلسفة العلوم.

علم المسببات: علم الأحياء الخارجية وعلم الأحياء الفلكي

مع السباق الفضائي وبعثات استكشاف القمر والمريخ الأولى، يظهر خطر التلوث البيولوجي.

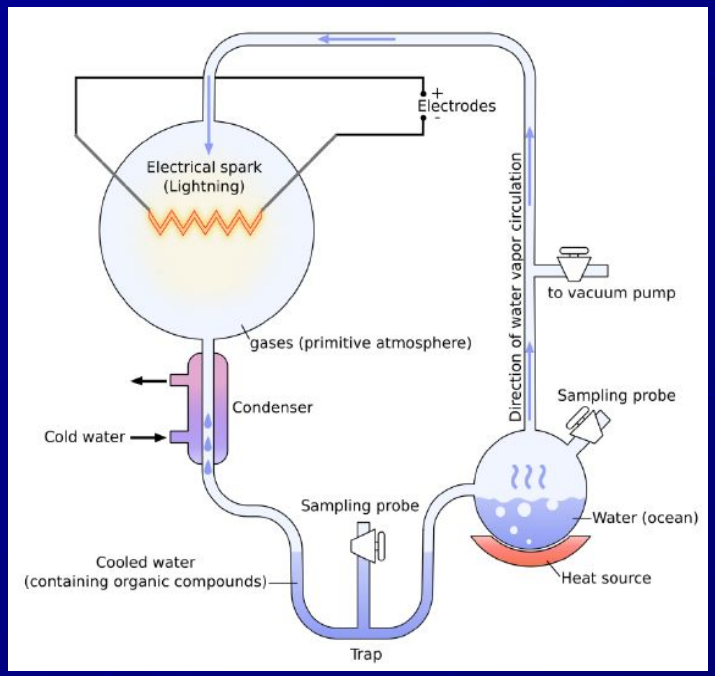
أولا، افترض العلماء أنه من غير المرجح أن تتحمل الميكروبات ظروف الفضاء.

اليوم نعلم أن هذا ليس هو الحال، فبطيئات المشية، على سبيل المثال، قادرة على مقاومة الظروف القاسية، بما في ذلك تلك الموجودة في الفضاء، وهذه ليست حالة معزولة.

دب الماء (بطيئات المشية)، نماذج هيبسيبيوس

(Credit: B. Goldstein & V. Madden)

علم المسببات: علم الأحياء الخارجية وعلم الأحياء الفلكي



مخطط تجربة ميلر-يوري.
(Credit: S. La Barre)

مع تجربة ميلر-يوري الرائدة بدأت الدراسات الكيميائية لتخليق جزيئات البريبايوتك الأولى في المختبر

يظهر نظام رئيسي جديد للبحث عن أصل الحياة من خلال استكشاف الفضاء: علم الأحياء الخارجي، وهو مصطلح قدمه جوشوا ليدربيرج في عام 1960.

تم اعتماد مصطلح "علم الأحياء الفلكي" في عام 2015 من قبل اتحاد الفلك الدولي.

أهداف علم الأحياء الفلكية

- تحديد ما هي الحياة
- تحديد أصل الحياة
- البحث عن أقدم آثار الحياة
- فهم آليات تطورالحياة على الأرض
- البحث عن الحياة في الكون

تعريف الحياة

هذا السؤال يحتاج إلى حجج علمية،
ولكنه أيضًا سؤال فلسفي.

الحياة هي إحدى خصائص الكائن الحي التي تميزه عن الكائن الميت أو غير الحي، كما تتميز على وجه التحديد
بالقدرة على النمو
الاستقلاب)تفاعل حيوي(
الرد على المحفزات
التكيف
إعادة الإنتاج

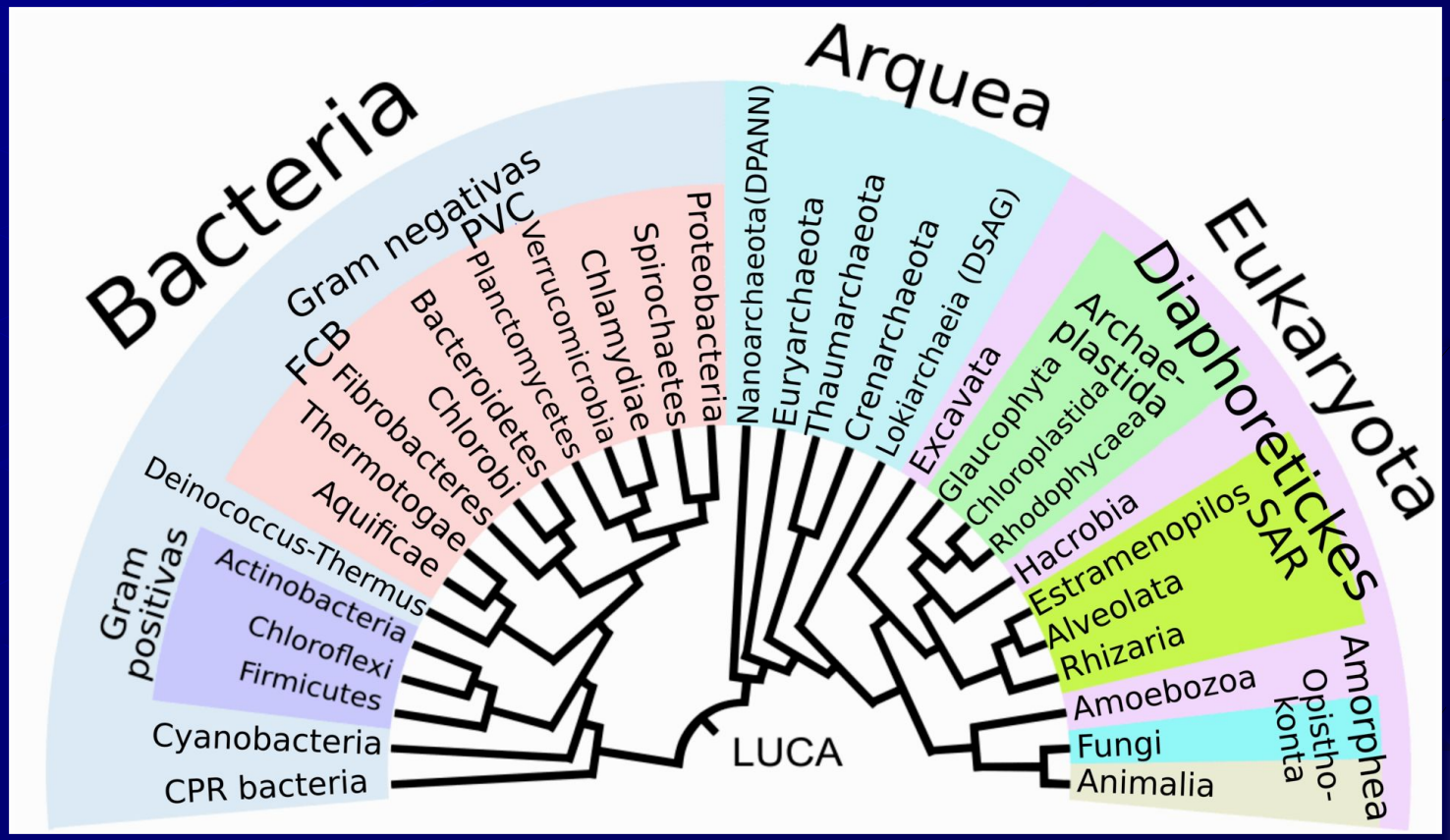
تنوع الكائنات الحية على الأرض

المثال الوحيد المعروف للحياة هو الحياة الأرضية.

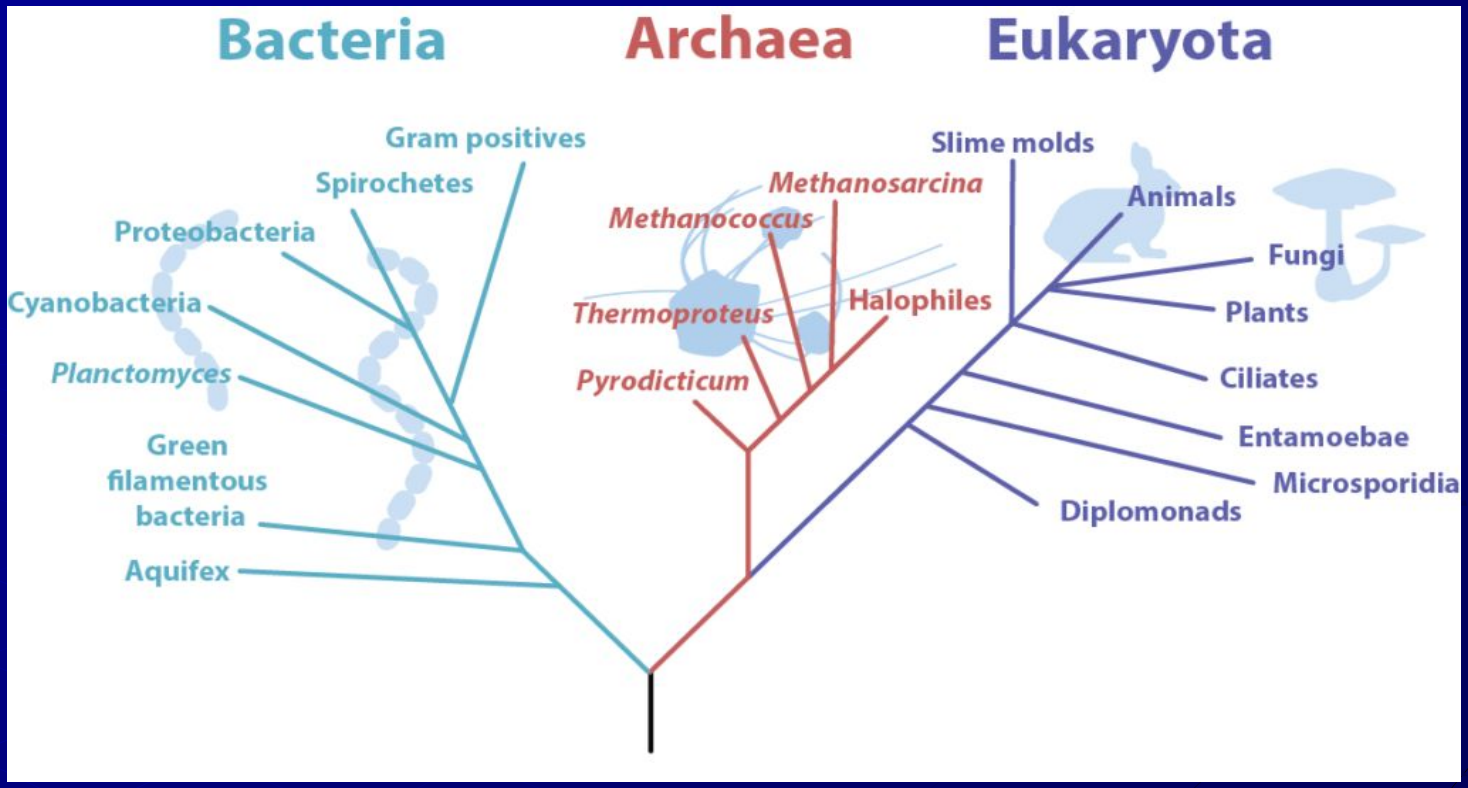
يركز علم الأحياء الفلكي الكثير من جهوده على دراسة الحياة الأرضية في جميع البيئات، وخاصة في البيئات الأكثر تطرفًا، مثل الينابيع الحرارية المائية تحت الماء، أو البحيرات المالحة أو الأماكن المتجمدة.

يمكن أن يكون هذا النوع من البيئة نظيرًا جيدًا للمواقع خارج كوكب الأرض.

لفهم حدود الكائنات الحية وآليات العمل في البيئات القاسية بشكل أفضل، يسعى العلماء إلى تحديد التنوع التطوري والتمثيل الغذائي للكائنات الحية.



(Credit: Wikipedia)



(Credit: open.oregonstate.education)

أحد فروع شجرة الحياة التي تحظى باهتمام خاص هي البكتيريا العتيقة (أو العتائق)، التي تختلف عن البكتيريا بدائية النواة بسبب تسلسل الحمض النووي الريبي الريباسي الخاص بها والتي تتكيف بشكل خاص مع البيئات القاسية (من حيث الضغط ودرجة الحرارة والملوحة والمواد المغذية، إلخ).

البحث عن أقدم آثار الحياة على الأرض: الصعوبات

1)الأرض كوكب "حي" (تكتوني، تآكل) ولذلك تطورت بشكل كبير منذ تكوينها قبل 4.5 مليار سنة. واستنادًا إلى سلسلة نسب الأنواع، لا بد أن الكائنات الحية الأولى كانت كائنات أحادية الخلية شبيهة بالبكتيريا.

2) كان على الكائنات البدائية أن تكون مجهرية. يعود تاريخ أقدم آثار الحياة المثبتة على الأرض إلى 3.48 مليار سنة وتم اكتشافها في أستراليا.

3) صعوبة التفسير والمقارنة مع الأنظمة اللاأحيائية، والتي من الممكن أن تكون قد شكلت بصمات مشابهة للتوقيعات البيولوجية أو التشكل.

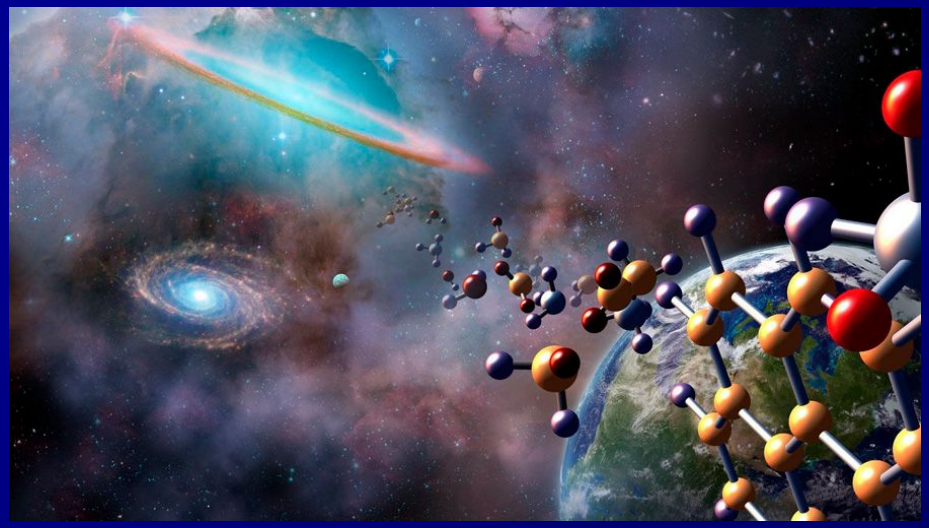
كيمياء البريبايوتيك والانتقال من اللاحي إلى الحي

اليوم، في جميع الأنواع الحية على الأرض، ومن بين كل التنوع الموجود، هناك كتل أولية مكونة من C وH وN وO

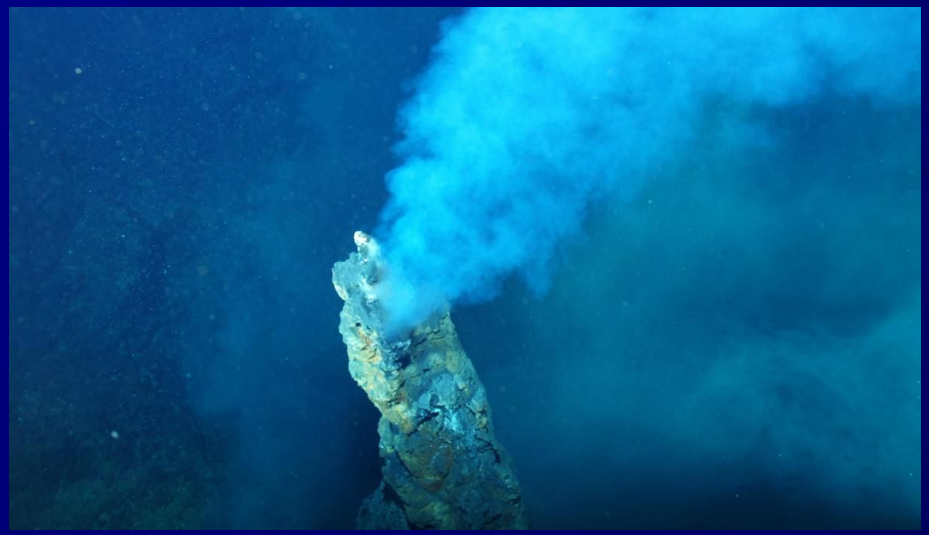
هذه الكتل هي البروتينات، أساس النسخ، الحمض النووي (الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين)، الذي يحمل المعلومات الوراثية، والأمفيفيلات، التي تشكل جدران الخلايا للتجزئة.

وبالتالي فإن الطوب العنصري الذي تمتلكه كل الكائنات الحية على الأرض هو خمسة أنواع من الجزيئات (تسمى أحيانًا لبنات الحياة)، والأحماض الأمينية، والقواعد النيتروجينية، والسكريات، والفوسفور، والدهون (أو الأحماض الدهنية).

كيمياء البريبايوتيك والانتقال من اللاحي إلى الحي



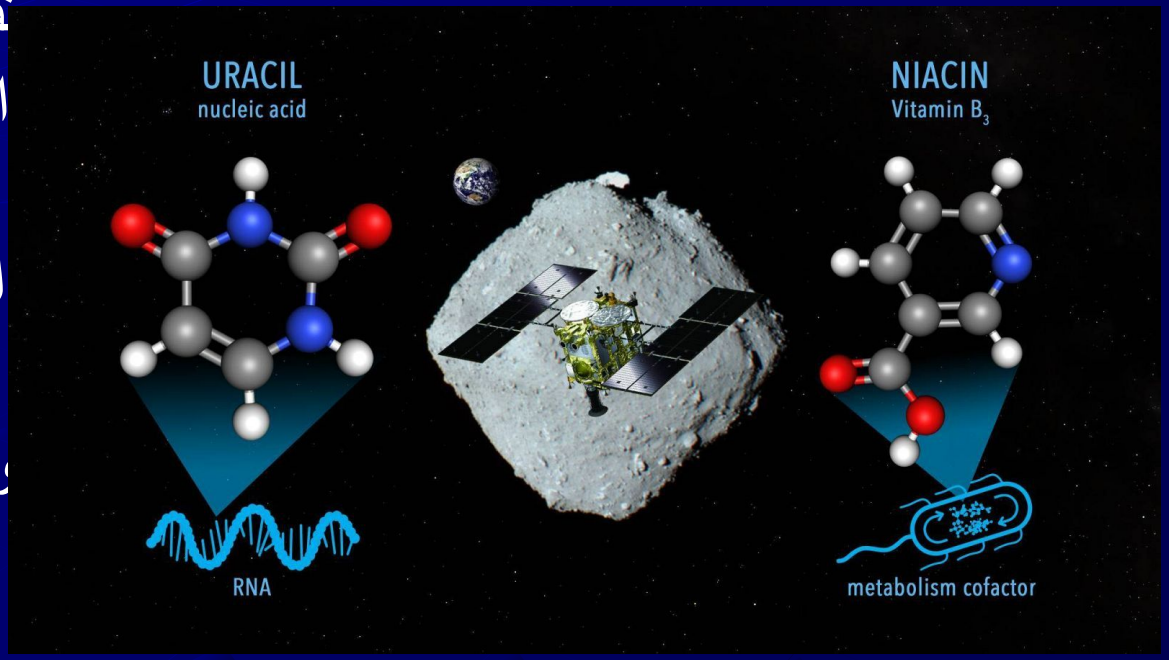
هذه العناصر ضرورية للحياة الأرضية، ودراسة أصلها تسمح لنا بإعطاء المزيد من المحددات حول أصل الحياة نفسها.



من الناحية اللاأحيائية، من الممكن أن تكون هذه الجزيئات قد تشكلت في الغلاف الجوي للأرض، ولكن أيضًا في الفتحات الحرارية المائية.

كيمياء البريبايوتيك والانتقال من اللاحي إلى الحي

تقترح فرضية أخرى أن هذه الجزيئات يمكن أن تكون قد جاءت عن طريق الأجرام السماوية (النيازك)، القادمة من الكويكبات والمذنبات: وقد أثبتت النيازك أنها تتمتع بثراء عضوي كبير.



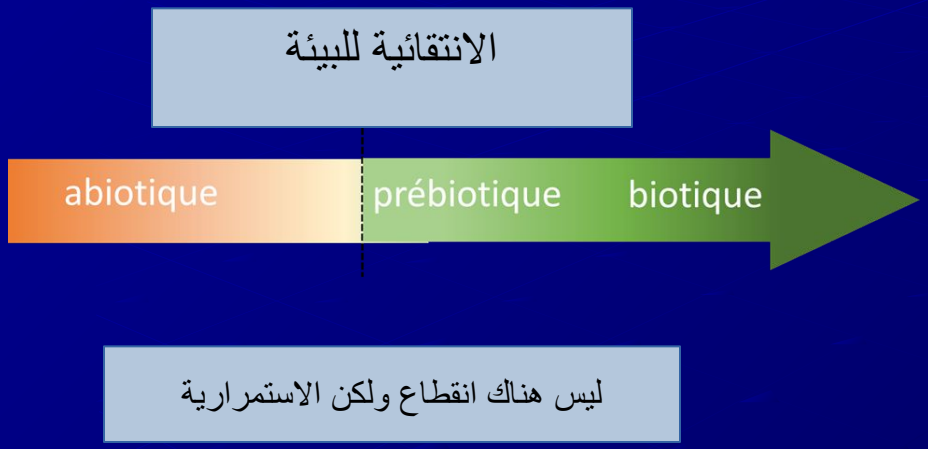
تمثيل الكويكب ريوجو
(Credit: NASA Goddard/JAXA/Dan Gallagher

كيمياء البريبايوتيك والانتقال من اللاحي إلى الحي

عند سقوطها على الأرض، من الممكن أن تكون النيازك قد نقلت جزءًا من الماء والعناصر المحبة للحديد الموجودة على سطحها بعد تمايزها قبل 4.5 مليار سنة.

لم يتم العثور على أي شكل من أشكال الحياة في هذه الكائنات حتى الآن، ولكنها تحتوي على آلاف الجزيئات المتنوعة مثل تلك الضرورية في التخليق اللاأحيائي.

كيمياء البريبايوتيك والانتقال من اللاحي إلى الحي

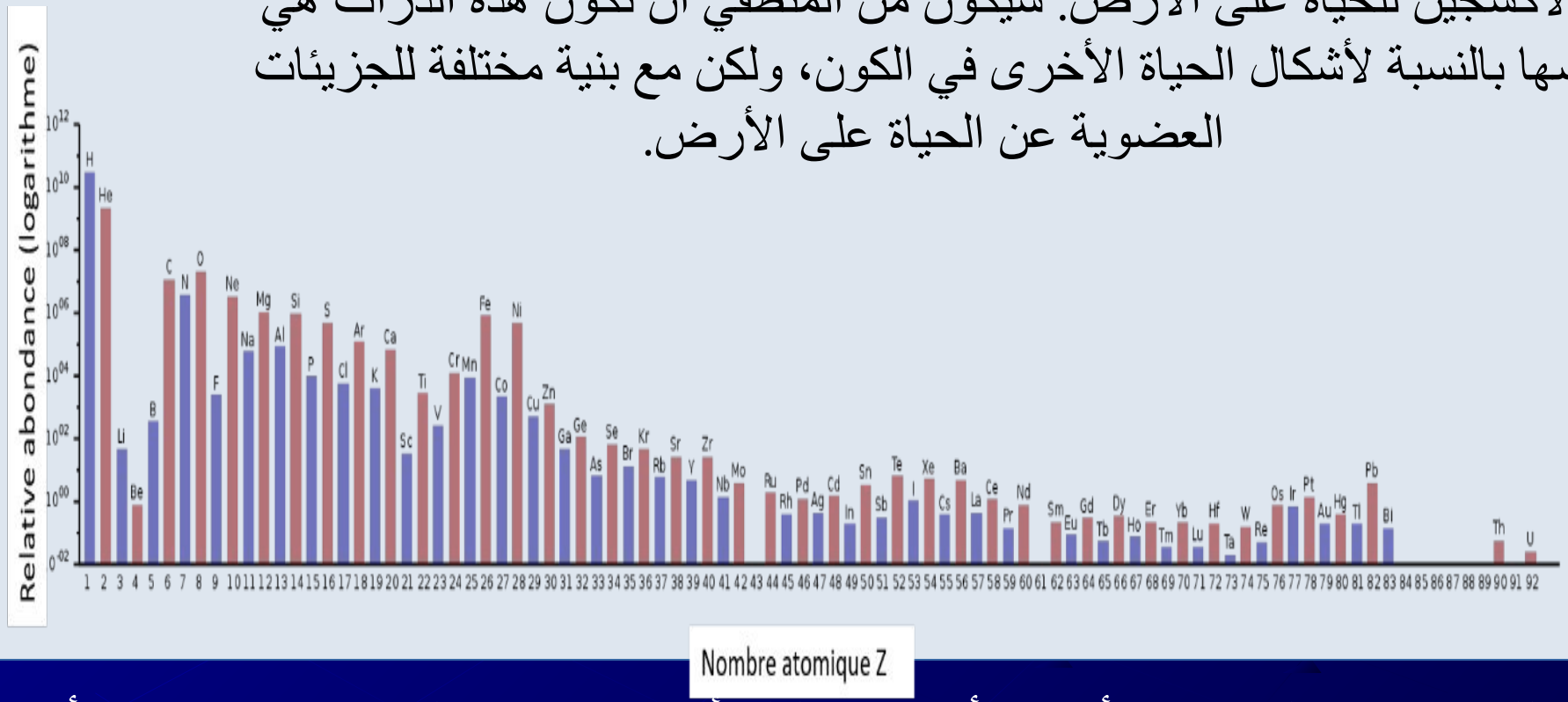


لن يكون هناك فصل صارم بين النظام اللاأحيائي والنظام الحيوي، بل بالأحرى استمرارية، تمر عبر كيمياء ما قبل الحيوية المذكورة.

يظل السؤال حول كيف وأين نشأت الحياة على الأرض هو السؤال الأكثر تعقيدًا في علم الأحياء الخارجي، والمسارات الكيميائية المحتملة عديدة جدًا لدرجة أنه ليس من الواضح أنه سيتم العثور على الإجابة يومًا ما.

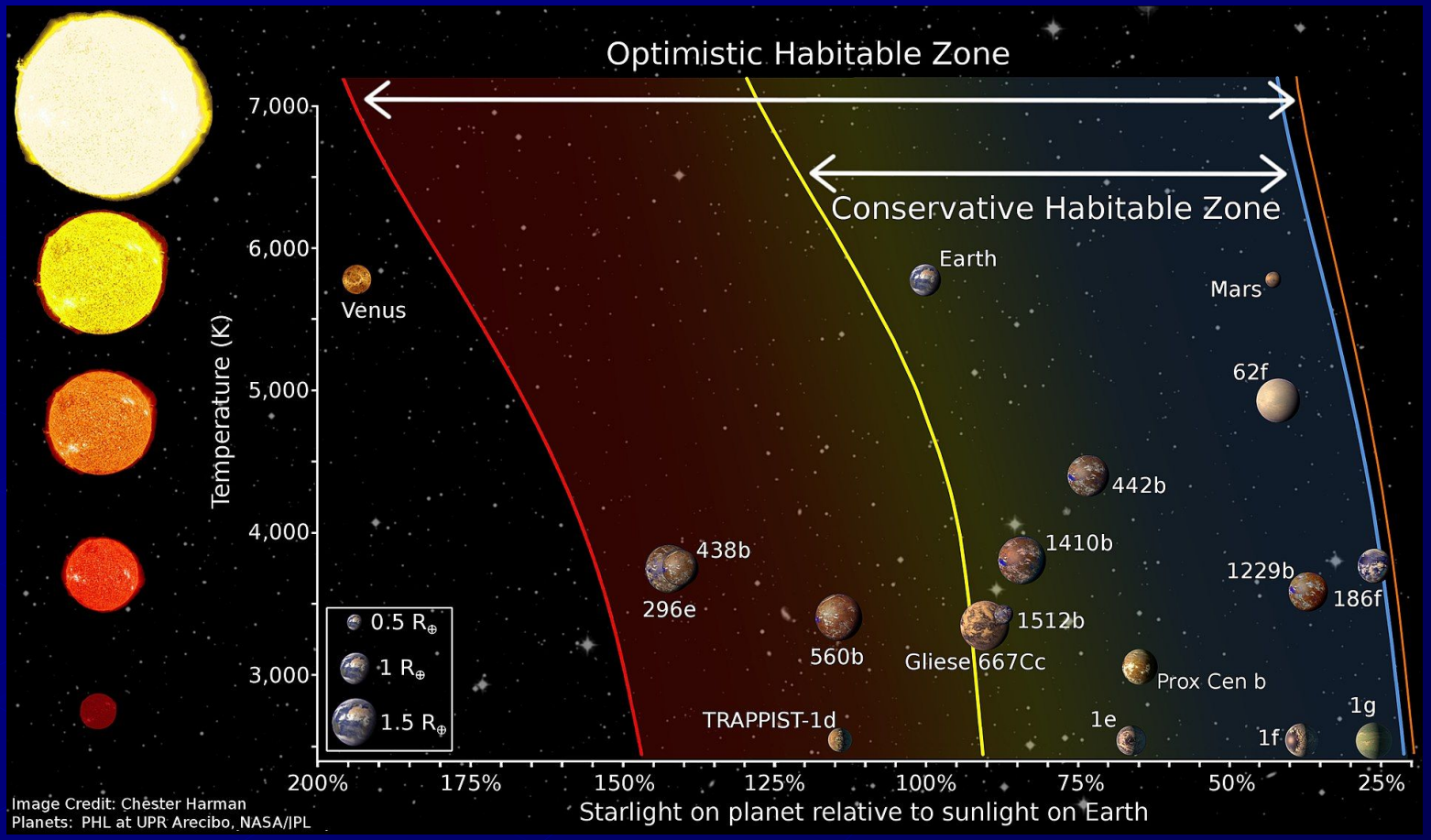
البحث عن الحياة في كل مكان

لقد وجه الترتيب الكيميائي للذرات في الكون استخدام الكربون والنيتروجين والأكسجين للحياة على الأرض. سيكون من المنطقي أن تكون هذه الذرات هي نفسها بالنسبة لأشكال الحياة الأخرى في الكون، ولكن مع بنية مختلفة للجزيئات العضوية عن الحياة على الأرض.



للبحث عن الحياة في أماكن أخرى عليك أن تعرف ما الذي تبحث عنه، وأحد أسس علم الأحياء الفلكي، ولكن نقطة ضعفه
أيضًا، هو البحث عن حياة مشابهة بيولوجيًا لحياتنا..

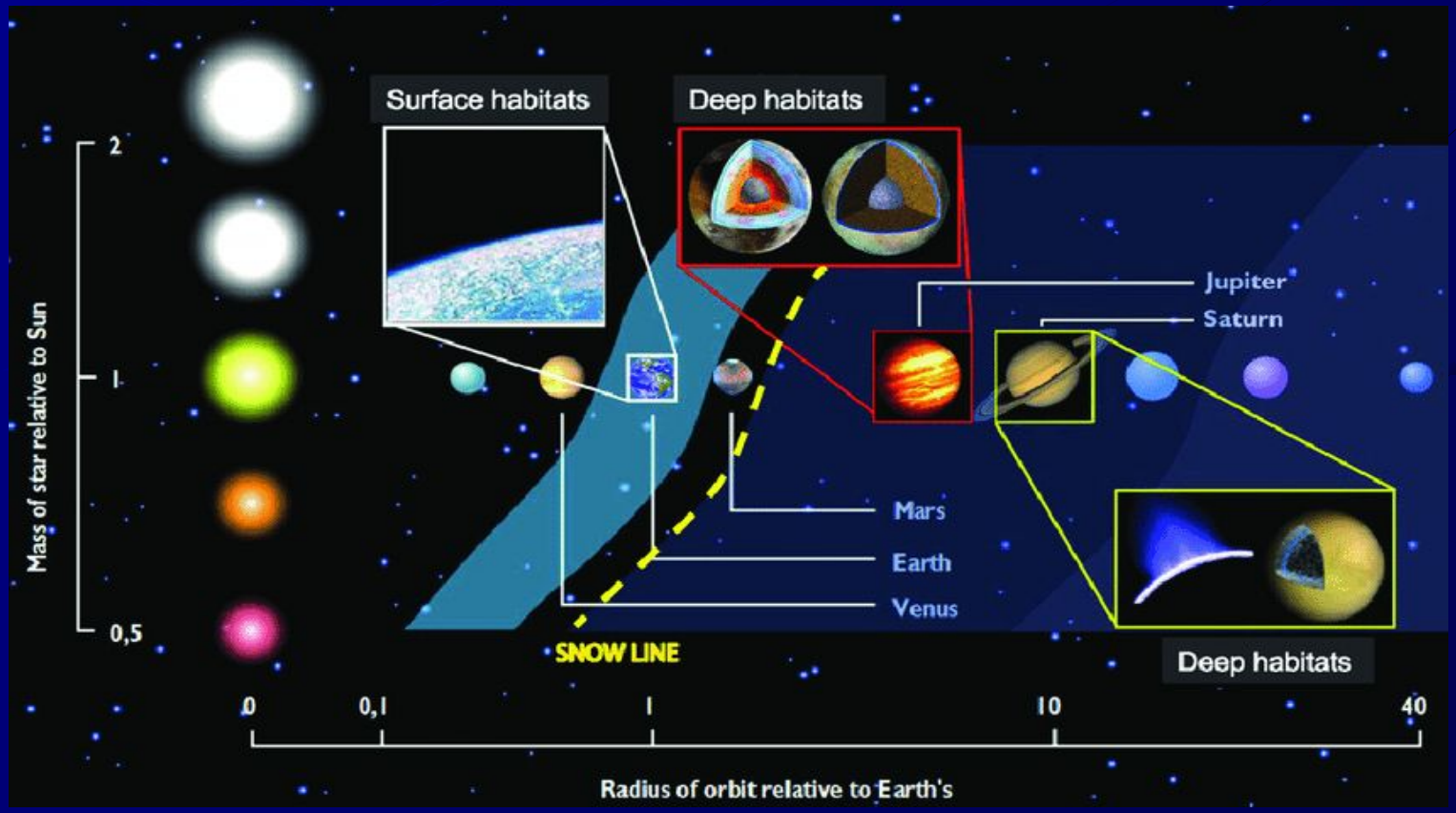
البحث عن الحياة في كل مكان



إن فكرة صلاحية السكن هي موضوع نقاش، ويرتبط تعريفها بالظروف التي سمحت بنشوء وتطور الحياة (الأرضية) الوحيدة التي نعرفها.

البحث عن الحياة في كل مكان

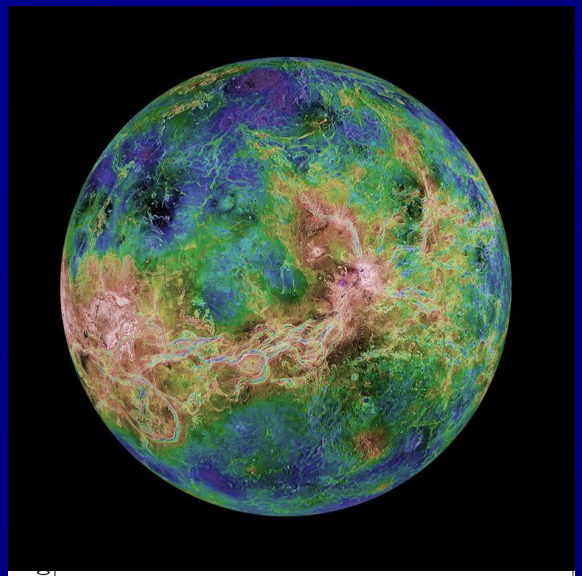
يعد امتداد المنطقة الصالحة للسكن إلى البيئات الموجودة تحت الأرض مثالاً للبحث في إمكانية الحياة في هذه البيئات في النظام الشمسي.

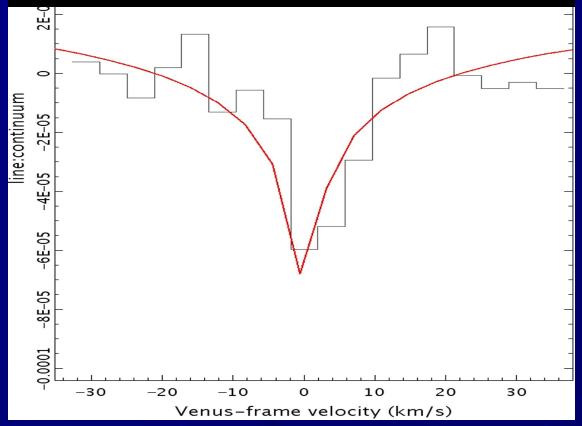


الأجسام في النظام الشمسي وأهميتها الفلكية

تهتم دراسات علم الأحياء الفلكية بعد ذلك باحتمال ظهور الحياة في هذه البيئات، خارج الأرض، والتي تم تعريفها على أنها صالحة للسكن.

الكواكب في النظام الشمسي واهميتها البيولوجية الفلكية:
كوكب الزهرة





يمتلك "كوكبنا الشقيق" كيمياء عضوية معقدة نسبيًا، حيث توجد جزيئات الكبريت والفوسفور في غلاف جوي كثيف للغاية يتكون من أكثر من 96% من ثاني أكسيد الكربون.

لا يوجد في المنطقة الصالحة للسكن في النظام الشمسي ويفتقر إلى عنصر أساسي: الماء على سطحه.

((HDO الماء المخفف

(Credit: Greaves, J.S., Richards, A.M.S., Bains, W. et al.)

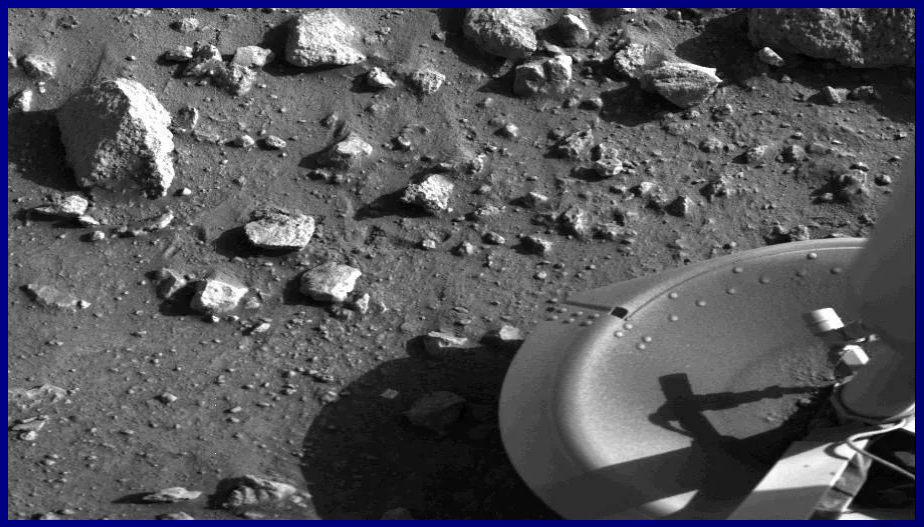
الكواكب في النظام الشمسي وأهميتها البيولوجية الفلكية: كوكب الزهرة

استفاد كوكب الزهرة من المدخلات الخارجية مثل الأرض بعد تكوينه، ربما كان لديه ماء سائل على سطحه وغلاف جوي غني بالمياه منذ 4.5 مليار سنة ومنذ بعض الوقت.

حاليا سطحه عبارة عن براكين نشطة فقط مع درجات حرارة تبلغ حوالي 460 درجة مئوية.

إذا تطورت الحياة في الوقت المناسب، فمن المفترض أنها نجت على شكل كائنات دقيقة في سحب غلافها الجوي، مع درجة حرارة تصل إلى 75 درجة مئوية تقريبًا.

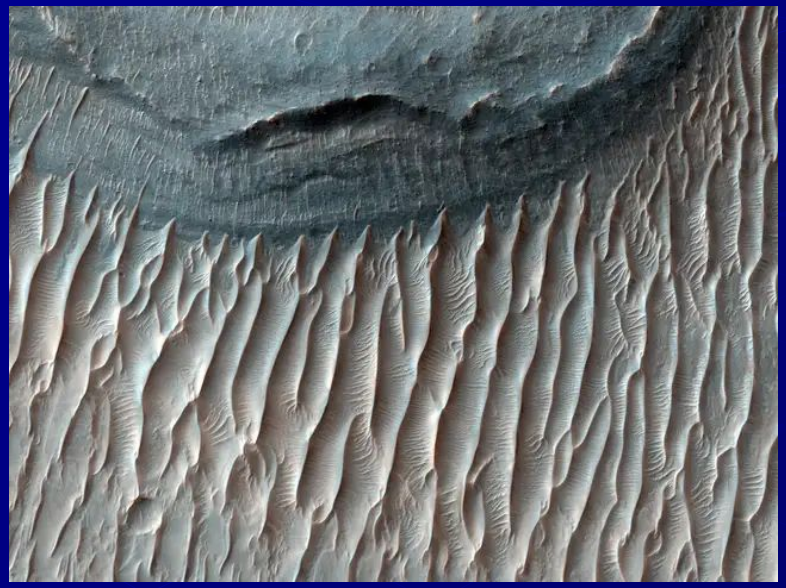
الكواكب في النظام الشمسي واهميتها البيولوجية الفلكية: المريخ



غالبًا ما تم اقتراح هذا الكوكب باعتباره أفضل مكان في النظام الشمسي كان به، أو لا يزال، ظروف للحياة.

لقد تم بالفعل النظر في وجود حياة ميكروبية في السبعينيات أثناء التحضير لمهمة فايكنغ: تم تجهيز مركبات الهبوط بأدوات قادرة على إجراء تجارب تهدف إلى تسليط الضوء على الحياة المريخية، أو اكتشاف النشاط البيولوجي للتمثيل الضوئي أو توفير العناصر الغذائية للبكتيريا المريخية، مع استجابات سلبية. .

الكواكب في النظام الشمسي وأهميتها البيولوجية الفلكية: المريخ



Credit: Curiosity, NASA/JPL)

أكدت مهمة فايكنج وجود مياه سائلة في الماضي على المريخ، من خلال مراقبة القنوات والأنهار الجافة والوديان الشجرية.

ومن الممكن أن تبقى المياه على سطحه لمدة مليار سنة على الأقل، ولا تزال موجودة في المعادن التي تغطي السطح حاليا.

يوجد في القطبين جليد مائي في القمم القطبية ويشتبه في وجود الماء بكميات أكبر في القشرة المريخية

الكواكب في النظام الشمسي واهميتها البيولوجية الفلكية: المريخ

من الممكن أن تكون الحياة قد تطورت على المريخ في نفس الوقت الذي تطورت فيه على الأرض وربما استمرت تحت الأرض.

إن العثور على حياة على المريخ من شأنه أن يقدم العديد من الإجابات حول نشوء الحياة على كوكبنا.

إذا كانت الحياة موجودة على المريخ، ولو على شكل كائنات دقيقة، وبما أن الكوكب لم يعد نشطا جيولوجيا، فمن الممكن اكتشافها على شكل حفريات أثرية على السطح أو حتى الأمل في وجودها وبقائها تحت الأرض.

الأجسام في النظام الشمسي وأهميتها البيولوجية الفلكية: الأقمار الصناعية

في العقود الأخيرة، تم اكتشاف أجسام أخرى صالحة للحياة ذات أهمية بيولوجية فلكية خارج حاجز الكويكبات: الأقمار الصناعية للكواكب الغازية العملاقة.

الكواكب العملاقة ذات أهمية محدودة في علم الأحياء الفلكي، لأنها لا تحتوي على أسطح، وبالتالي لا تحتوي على صخور.

تعتبر أقمارهم الصناعية مهمة أيضًا لفهم أصل النظام الشمسي وتطوره.

الأقمار الصناعية في النظام الشمسي وأهميتها الفلكية

حول كوكب المشتري: جانيميد وكاليستو وأوروبا.

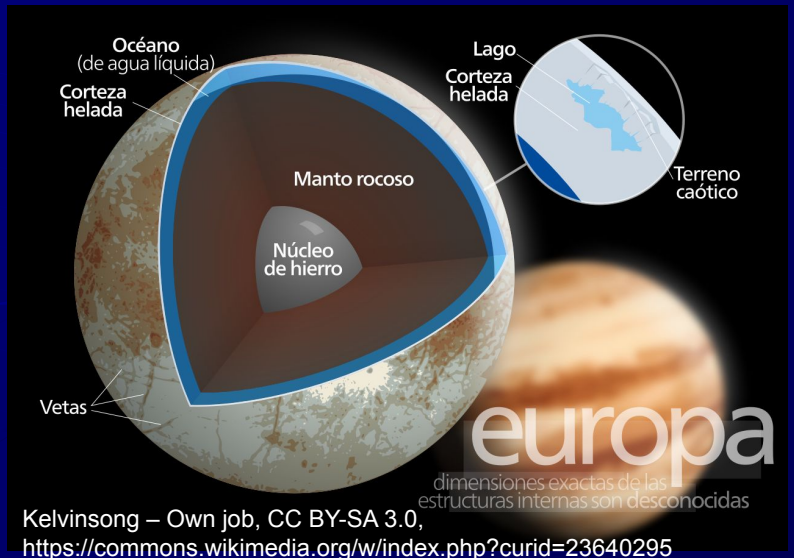
حول زحل: إنسيلادوس وتيتان.

كشفت بفضل مسبار كاسيني-هويجنز (1997-2017) الذي زار هذه العوالم لمدة 15 عاما، أن أقمار زحل الجليدية تفاجئ بتنوعها ووفرة الماء السائل الذي تحتويه.

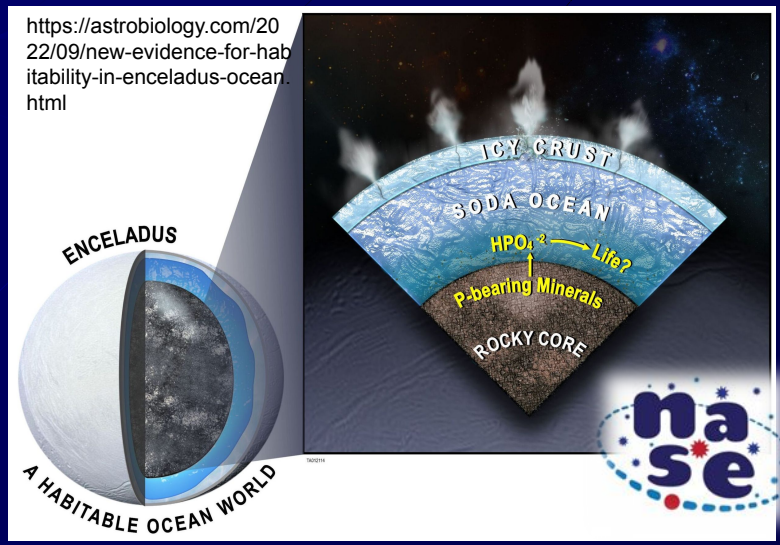
الأقمار الصناعية في النظام الشمسي وأهميتها الفلكية

سيحتوي أوروبا على محيط أكبر بعشر مرات من محيط الأرض، في حين أنه أصغر بثلاث مرات من كوكبنا.

إنسيلادوس: في عام 2014 تم اكتشاف ينابيع ماء حارة على سطحه، والتي تمتد لمسافة تصل إلى 100 كيلومتر فوق سطحه.
كشفت هذه الملاحظة عن وجود محيط تحت الغطاء الجليدي.



Kelvinsong – Own job, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23640295



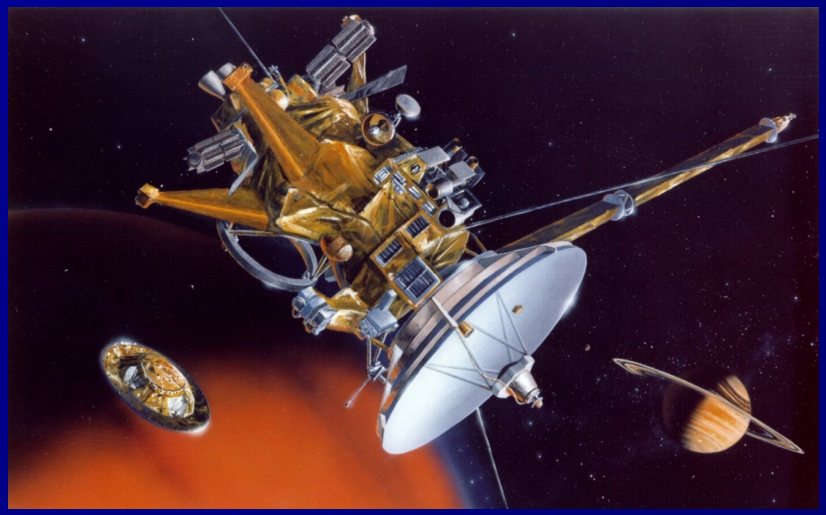
الأقمار الصناعية في النظام الشمسي وأهميتها البيولوجية الفلكية: تيتان

يحتوي تيتان، أكبر أقمار زحل، على كمية كبيرة من المواد العضوية التي تتشكل في غلافه الجوي.

في عامي 1980 و1981، كشفت مجسات فوييجر 1 و2 عن غلاف جوي كثيف للغاية يتكون بشكل أساسي من النيتروجين والميثان.

أثبتت الكيمياء في الغلاف الجوي لتيتان أنها معقدة للغاية، مما أدى إلى تكوين الهباء الجوي العضوي الذي يستقر على السطح.

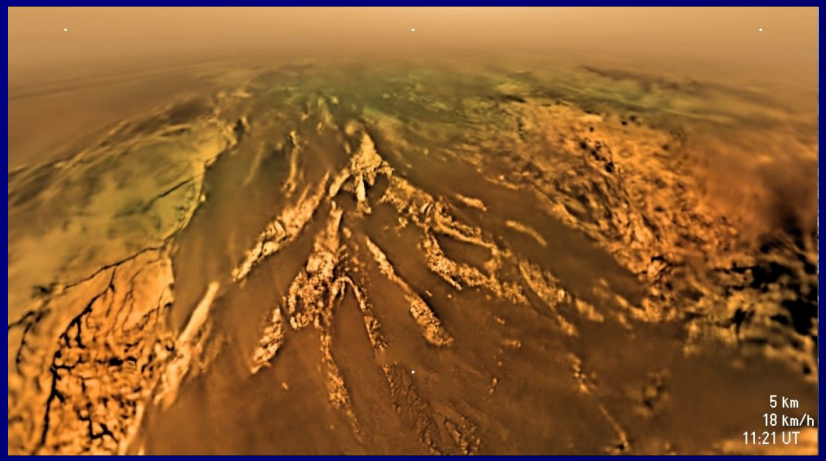
أكدت مهمة كاسيني-هويجنز (1997-2017) وجود كيمياء عضوية معقدة في الغلاف الجوي لتيتان.



مهمة كاسيني/هويجنز(Credit: NASA)

وتم الحصول على صور مبهرة للسطح المغطى بالحبوب العضوية والكثبان الرملية والبحيرات الهيدروكربونية.

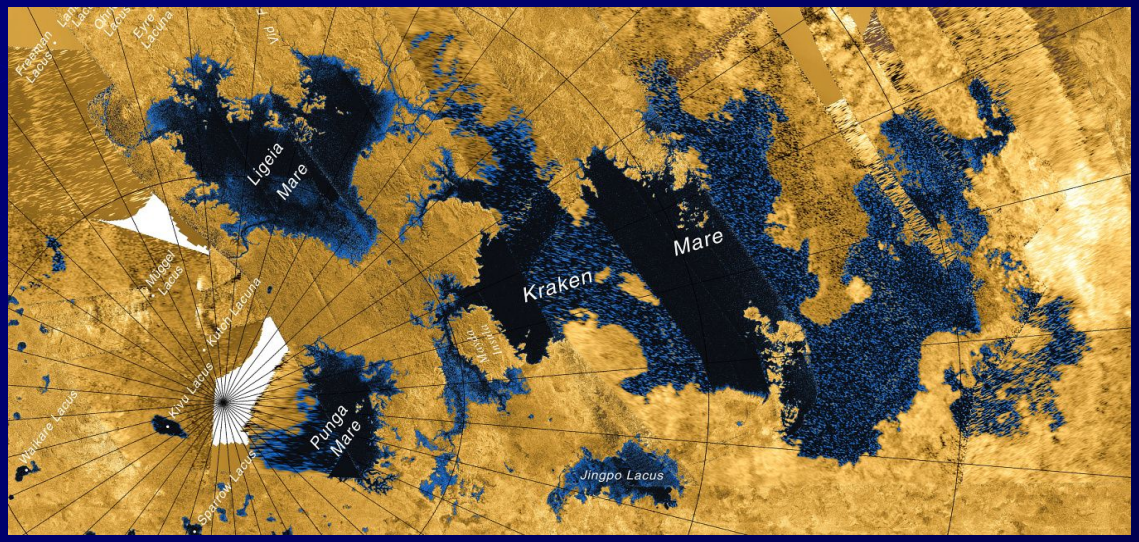
اقترحت النماذج الفيزيائية الفلكية أن تيتان قد يأوي محيطًا من الماء السائل تحت سطحه ويقدم جميع المكونات الضرورية لظهور كيمياء ما قبل الحيوية الغنية وشكل محتمل للحياة.



Titan (Credit: Cassini/Huygens, NASA)

تشير النماذج الجيوكيميائية التطورية إلى أنه منذ المليون سنة الأولى بعد تكوين تيتان، كان هذا المحيط تحت الأرض على اتصال بالغلاف الجوي، حيث تم إنتاج أولى الجزيئات المعقدة.

وقياسًا على الأرض، من المتوقع وجود فتحات حرارية مائية في محيط تيتان، والتي تشكل مصدرًا للطاقة للجزيئات العضوية وبيئة محتملة لأنظمة ما قبل الحيوية.



ما وراء النظام الشمسي

تم اكتشاف وتأكيد 5500 كوكب خارجي (حتى الآن 2024) في مجرتنا. فهو يساعدنا على فهم تكوين نظامنا الشمسي، وهذا على الأرجح فريد من نوعه.

مع الوضع الحالي للمعرفة والتقدم في مجال علم الأحياء الفلكي، من الصعب جدًا افتراض وجود كوكب مأهول والوجود المؤكد للحياة في مجرتنا أو خارجها.

يبدو أن هناك المزيد والمزيد من المواقع المحتملة لتطور الحياة، ولكن ماذا عن التطور الفعلي للحياة؟

الاستنتاجات

يحاول علم الأحياء الفلكي تحديد ما إذا كانت الحياة يمكن أن توجد في أجزاء أخرى من الكون، وإذا كان الأمر كذلك، بأي شكل، في محاولة للإجابة على سؤال وجودي: هل نحن وحدنا في الكون؟

لعدة عقود، كان فهم مظهر الحياة على الأرض أمرًا بالغ الأهمية لتحديد ما إذا كانت مصادفة أم ظاهرة قابلة للتكاثر في ظل ظروف وبيئات محددة.

الاستنتاجات

هذا الفهم ضروري لاستخلاص استنتاجات حول إمكانية وجود حياة في مكان آخر من الكون.

على الرغم من الجهود النشطة، لم يتم التوصل إلى مثل هذه الاستنتاجات حتى الآن.

شكرًا على اهتمامكم!